

Optimalisasi Kapasitas Gardu Traksi Pada Operasi Kereta Rel Listrik Petak Maguwo – Brambanan

Substation Capacity Optimization Traction Substation Capacity Optimization for Maguwo - Brambanan Electric Railway Operation

Ichwanul Zuhdi Nurkasdiyan^{1*}, Uriansah Pratama², dan Gadang Endrayanto³

¹Program Studi Sarjana Terapan Transportasi Darat, Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD.

Jl. Raya Setu No. 89 Cibitung, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat, 17530, Indonesia

^{2,3}Transportasi Darat Sarjana Terapan, Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD

*E-mail : ichwanul.zuhdi@ptdisttd.ac.id

Abstract

Currently, KRL is a mode of transportation that is widely used every day for activities ranging from school, work, and other important activities. Passengers of KRL Yogyakarta - Palur increase every year, from 100 thousand passengers per day to 1 million passengers per day on weekends. Currently, the KRL operation uses a 60-minute headway, which causes passenger accumulation and the potential for passengers not to be transported. This electric-based train is driven using electricity, the power obtained is the current from the traction substation. The capacity for the traction substation on the Yogyakarta - Palur KRL is currently still able to supply the power needed for KRL operations, but by looking at the increasing number of passengers, it is necessary to add facilities or stamformation, with the increase in facilities, the headway becomes narrower. In addition, on road plots with a length exceeding 6 km, the traction substation is no longer able to supply electric current, such as on the Maguwo - Brambanan plot with a distance of 8.6 km. So an additional insertion substation is needed to accommodate the power current needed by KRL in KRL operation.

Keywords: KRL, Traction Substation, Power Current.

Abstrak

Saat ini KRL menjadi moda transportasi yang banyak digunakan setiap harinya untuk beraktifitas mulai dari sekolah, bekerja, dan aktifitas penting lainnya. Penumpang KRL Yogyakarta – Palur setiap tahunnya meningkat, dari 100 ribu penumpang per hari hingga 1 juta penumpang per hari pada waktu akhir pekan. Saat ini pengoperasian KRL menggunakan *headway* 60 menit, hal itu menyebabkan penumpukan penumpang dan adanya potensi penumpang tidak terangkut. Kereta berbasis listrik ini digerakan menggunakan listrik, daya yang diperoleh merupakan arus dari gardu traksi. Kapasitas untuk gardu traksi pada KRL Yogyakarta – Palur saat ini masih mampu menyuplai daya yang dibutuhkan untuk pengoperasian KRL, namun dengan melihat penumpang yang semakin meningkat, perlu penambahan sarana atau stamformasi, dengan bertambahnya sarana maka *headway* menjadi menyempit. Selain itu pada petak jalan yang dengan panjang melebihi 6 km gardu traksi sudah tidak mampu untuk menyuplai arus listrik, seperti pada petak Maguwo – Brambanan dengan jarak 8,6 km. Maka diperlukan gardu sisipan tambahan untuk mengakomodir arus daya yang dibutuhkan KRL pada pengoperasian KRL

Kata kunci: KRL, Gardu Traksi, Arus Daya.

PENDAHULUAN

Kereta Rel Listrik (KRL) merupakan sarana perkeretaapian yang memiliki penggerak sendiri tanpa menggunakan lokomotif (Wibowo, dan Haryatmi, 2022), KRL merupakan salah satu angkutan perkotaan yang unggul karena dapat mengangkut dengan jumlah banyak, harga terjangkau, cepat, tepat waktu dan menjangkau ke pusat perkotaan. Namun di zaman yang hemat energi ini dibutuhkan konsumsi daya yang efisien yang mampu mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui. Selain itu "diperlukan sistem keamanan yang mempermudah dalam

memonitor aliran suplai daya pada peralatan catu daya agar peralatan persinyalan dapat bekerja dan sistem persinyalan kereta tidak terganggu" (Sirat, dan Siandari, 2023), Salah satu komponen dari sistem kereta adalah gardu traksi, mengingat kebutuhan yang semakin meningkat, maka semakin meningkat juga permintaan operasi KRL, oleh karena itu agar catu daya mengalir secara menerus/kontinu perlu penambahan Gardu Traksi sehingga meningkatkan kinerja efisiensi dan mengurangi gangguan pada saat operasi KRL (Suherman, dan Amri, 2019).

Adapun permasalahan pada kinerja Listrik Aliran Atas KRL relasi Yogyakarta - Palur yaitu adanya potensi gangguan atau anjlokkan aliran daya listrik karena lemahnya aliran daya dari Gardu Traksi yang menyuplai KRL, melihat penumpang saat ini meningkat secara signifikan yaitu dari tahun 2021 hingga 2023 sebanyak 255%. Sehingga jika suatu saat adanya penambahan sarana yang beroperasi dengan *headway* diperpendek, maka perlu diperhitungkan kapasitas gardu apakah masih mampu menyuplai pengoperasian KRL atau perlu adanya peningkatan atau penambahan gardu traksi. Selain itu rugi daya disebabkan oleh jauhnya suplai daya antar gardu, dimana pada petak jalan antara Maguwo - Brambanan dengan panjang petak jalan diatas 6 Kilometer, hal tersebut menyebabkan jika pengoperasian KRL diperbanyak perjalanannya dengan *headway* yang pendek dapat menimbulkan potensi gangguan berupa trip.

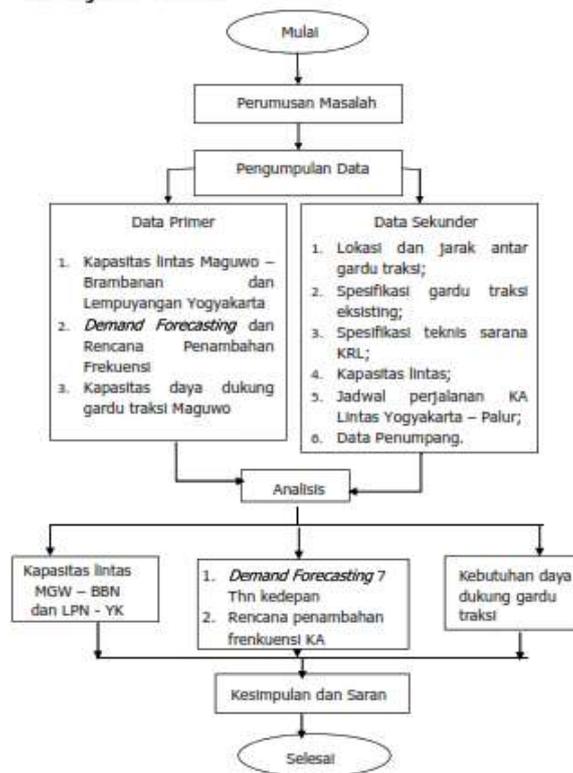
METODE PENELITIAN

Penelitian ini difokuskan untuk menghitung kapasitas gardu traksi di petak jalan antara Maguwo – Brambanan. Pelaksanaan penyusunan dilakukan mulai pada bulan Februari sampai dengan Mei 2024. Sedangkan metode yang digunakan ialah penelusuran literatur dari jurnal, artikel maupun buku dan metode kuantitatif guna menghitung kapasitas daya gardu yang diperlukan pada petak tersebut dengan akurat dan tepat sasaran.

Selanjutnya pengumpulan data dukung dilakukan dengan melakukan kunjungan dan permintaan data kepada Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Semarang dan Daerah Operasi VI Yogyakarta. Hal tersebut dilakukan untuk mendukung penyelesaian dari karya ilmiah ini. Data sekunder yang dibutuhkan meliputi: Gapeka 2023, kapasitas lintas di petak Yogyakarta – Palur, data spesifikasi gardu traksi dan perangkat Listrik Aliran Atas, spesifikasi sarana KRL KFW data naik turun penumpang KRL, data jarak antar gardu, dan lain lain.

Setelah terkumpulnya data dukung maka dapat dilakukan tahapan analisis kebutuhan daya gardu, sebelum analisis kebutuhan daya gardu dilakukan, pada penulisan ini dilakukan perhitungan kapasitas lintas pada petak jalan Maguwo - Brambanan dan petak tersibuk yaitu petak jalan Yogyakarta – Lempuyangan, selanjutnya perhitungan *demand forecasting* pada penumpang KRL Yogyakarta – Palur guna mengetahui peningkatan penumpang pada tahun 2030, perhitungan *demand forecasting* diatas berguna untuk dasar perhitungan penambahan sarana KRL yang beroperasi pada lintas Yogyakarta – Palur. Selanjutnya dilakukan perhitungan kebutuhan daya gardu traksi dengan *headway* diperpendek sesuai dengan rencana kebutuhan sarana KRL pada masa yang akan datang.

Beberapa tahap yang lain digambarkan sebagai diagram flowchart sebagai berikut:



Gambar 1. Bagan Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kondisi Kapasitas Lintas

Perhitungan kapasitas lintas menggunakan rumus dari PT. KAI dengan kondisi jalur sudah menggunakan jalur ganda atau *double track*, dan peralatan persinyalan elektrik. Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$C = \frac{1728 \cdot E}{\left(60 \cdot \left(\frac{D}{V}\right)\right) + t}$$

Keterangan:

C = Kapasitas Lintas (KA/hari)

E = Efisiensi = 2/3 (Jalur Tunggal) = 1 (Jalur Ganda)

V = Kecepatan operasi kereta (km/jam)

D = Jarak stasiun (km)

t = Waktu pelayanan sinyal (menit) = 2,5 menit sinyal elektrik

Sumber: PT.KAI (Persero)

Dengan memasukan perhitungan petak jalan Maguwo – Brambanan mempunyai kapasitas lintas sebanyak 277 KA per hari, dengan perjalanan KA yang dilayani saat ini sebanyak 110 KA per hari. Sedangkan untuk petak tersibuk yaitu petak Yogyakarta – Lempuyangan memiliki kapasitas lintas sebanyak 424 KA per hari, dengan perjalanan KA yang dilayani saat ini sebanyak 130 KA per hari.

Analisis Peramalan Jumlah Penumpang dan Rencana Penambahan Sarana

Peramalan penumpang bertujuan untuk meramalkan pertumbuhan jumlah penumpang KRL pada masa mendatang. (Asyiri, Prasetyo, dan Mulyana, 2022). Hal ini diperlukan guna mendasari pada program perencanaan, pembangunan, dan peningkatan fasilitas pelayanan berupa penambahan sarana KRL yang di operasikan.

Beberapa pendekatan dilakukan untuk meramalkan pertumbuhan penumpang di masa mendatang dengan beberapa metode yang dibandingkan yaitu metode aritmatik, geometri, dan eksponensial. Perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil perhitungan pendekatan aritmatik, geometri, dan eksponensial

No	Tahun	Jumlah Pnp Per Tahun	Rasio (r)	Aritmatik	Geometri	Eksponensial
1	2021	1725790		1725790	1725790	1725790
2	2022	4416630	0,775	3062708	3062708	3746583
3	2023	6125415		4399625	5435295	8133600
Standar Deviasi				1336918	1878694	3275911
Korelasi				0,9918	0,9588	0,9433

Syarat penentuan metode terbaik ialah ketika standar defiasi terkecil dan koefisien korelasi mendekati 1 (satu). Maka diperoleh metode terbaik ialah metode aritmatik. Selanjutnya setelah ditentukan metode terbaik maka dapat dituangkan kedalam peramalan penumpang KRL Yogyakarta – Palur, berikut tabel peramalan penumpang sampai dengan tahun 2030.

Tabel 2. Demand Forecasting pada penumpang KRL Yogyakarta – Palur

No	Tahun	Jumlah Pnp Per Tahun	Jumlah Pnp rata-rata per hari	Rasio	Keterangan
			365		
1	2021	1725790	4.728		Data Sekunder
2	2022	4416630	12.100		Data Sekunder
3	2023	6125415	16.782		Data Sekunder
4	2024	10870589	29.782		Hasil Analisis
5	2025	15615764	42.783		Hasil Analisis
6	2026	20360938	55.783	0,775	Hasil Analisis
7	2027	25106113	68.784		Hasil Analisis
8	2028	29851287	81.784		Hasil Analisis
9	2029	34596461	94.785		Hasil Analisis
10	2030	39341636	107.785		Hasil Analisis

Dari tabel diatas dapat dilihat peramalan penumpang dari tahun ke tahun meningkat secara signifikan di setiap tahunnya, hal tersebut memungkinkan bahwa analisis demand forecasting ini dapat dikatakan sebagai asumsi penulis berdasarkan pemilihan metode terbaik guna meramalkan jumlah minat penumpang KRL Yogyakarta – Palur proyeksi tahun 2030. Hal tersebut disebabkan karena data penumpang eksisting dimulai dari tahun peresmian KRL yaitu pada tahun 2021 sampai dengan tahun 2023.

Selanjutnya setelah mengetahui posisi jumlah penumpang di tahun 2030 dengan sebanyak 107.785 penumpang perharinya, perlu diperhitungkan jumlah sarana atau KRL yang dibutuhkan untuk mengakomodir penumpang ditahun tersebut.

Guna menghitung kebutuhan sarana operasi yang diperlukan. Berikut rumusan kebutuhan perjalanan berdasarkan jumlah penumpang perhari:

Kebutuhan Perjalanan (2030) = (Jumlah Penumpang KA Per hari)/(Kapasitas KRL KFW) = (107.785 orang/hari)/1.340 = 80 perjalanan.

Tabel 3. Perkiraan jumlah perjalanan KRL Yogyakarta – Palur berdasarkan peramalan penumpang

No	Tahun	Jumlah Pnp Per Tahun	Jumlah Pnp rata-rat per hari	Kapasitas KRL 100%	Kebutuhan Perjalanan
1	2021	1725790	4.728		4
2	2022	4416630	12.100		9
3	2023	6125415	16.782		13
4	2024	10870589	29.782		22
5	2025	15615764	42.783	1340	32
6	2026	20360938	55.783		42
7	2027	25106113	68.784		51
8	2028	29851287	81.784		61
9	2029	34596461	94.785		71
10	2030	39341636	107.785		80

Merujuk kondisi ekisting kapasitas lintas saat ini pada petak Maguwo – Brambanan dan petak tersibuk yaitu Yogyakarta – Lempuyangan guna pengoperasian KRL pada tahun 2030 dengan jumlah 80 perjalanan/hari.

Tabel 4. Perbandingan kapasitas lintas eksisting dengan pengoperasian KRL tahun 2030

Petak Jalan	Kapasitas Lintas Kondisi Eksisting			Kapasitas Lintas Pada Pengoperasian KRL Tahun 2030		
	Jumlah Pelayanan KA/Hari	Kapasitas Lintas KA/Hari	Penggunaan Kaplin (%)	Jumlah Pelayanan KA/Hari	Kapasitas Lintas KA/Hari	Penggunaan Kaplin (%)
MGW - BBN	110	277	40%	166	277	60%
YK - LPN	130	424	31%	186	424	44%

Kondisi kapasitas lintas setelah adanya rencana penambahan sarana pada pengoperasian KRL dari saat ini 24 KRL per hari menjadi 80 perjalanan KRL per hari di tahun 2030, pada kedua petak jalan tersebut masih mencukupi.

Analisis Kebutuhan Daya Gardu Traksi Maguwo

Jarak pengisian antar gardu

Jarak pengisian antar gardu atau di sebut juga Cover Area merupakan kemampuan satu gardu traksi untuk menyuplai daya KRL di petak jalan antar stasiun yang memiliki gardu traksi (Hartono, 2021). Cover area dari gardu traksi Maguwo ialah gardu traksi Lempuyangan dan Brambanan.

Menurut (Asrar, dan Adhari, 2022) Jarak antar gardu antara satu dengan yang lain sangat berpengaruh terhadap sistem suplai catu daya, semakin panjang jarak maka suplai daya semakin kecil, bahkan mampu berpotensi drop tegangan jika daya tidak terhandarkan dengan baik.

Fokus penelitian ini pada gardu traksi Maguwo, melihat posisi gardu traksi Maguwo terletak diantara gardu Lempuyangan dan Brambanan, dengan memiliki petak suplai daya yang melebihi jarak optimal suplai daya. Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan terhadap jarak pengisian masing-masing gardu traksi sebagai berikut:

Tabel 5. Jarak pengisian antar gardu di maguwo

Lokasi Gardu	Jarak Antar Gardu (Km)	Jarak Pengisian (Km)
Lempuyangan	YK - LPN	1,307
	LPN - MGW	6,17
Maguwo	LPN - MGW	6,17
	MGW - BBN	8,4
Brambanan	MGW - BBN	8,4
	BBN - SWT	5,98

Berat total kereta (krl kfw)

Berat total KRL merupakan hasil penjumlahan antara berat kosong dengan 200% jumlah berat penumpang, berat penumpang diasumsikan 60 Kg/penumpang. Pada KRL type KFW yang dioperasikan di Yogyakarta – Palur saat ini mempunyai 8 stamformasi yaitu 4 Trailcar dan 4 Motorcar. Dengan total berat KRL sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Sigma \text{ Berat Total KRL} &= \Sigma \text{ Berat Kosong} + \Sigma \text{ Berat Penumpang } 200\% \\ &= 31,9(4 \text{ TC}) + 39,5(4 \text{ MC}) + [(1.340 \times 0,06) \times 200\%] \\ &= (127,6 + 158) + (160,8) \\ &= 446,4 \text{ Ton.} \end{aligned}$$

Kebutuhan daya gardu

Guna menunjang analisis ini yang akan dipersiapkan untuk pengoperasian KRL digunakan sebagai parameter penyempitan *headway* dari kondisi *headway* yang ada pada Gapeka 2023, kondisi tersebut dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan daya dukung gardu traksi Maguwo untuk pengoperasian ketika *headway* pengoperasian KRL dipersempit.

Berikut perhitungan factor elektrifikasi (Cm) dengan menggunakan sarana KFW dengan menggunakan 2 set atau 8 rangkaian Kereta:

$$\begin{aligned} C_m &= 1,7 \sqrt{I_m} \\ C_m &= 1,7 \sqrt{3600} \\ C_m &= 102 \text{ kW} \end{aligned}$$

Selanjutnya perhitungan kebutuhan daya gardu traksi dengan berdasarkan *headway* dan beban arus maksimum dalam kurun waktu 1 jam dengan rumus sebagai berikut:

$$Y = C \times D \times \frac{60}{H} \times N \times P \times \frac{W}{1000} \text{ (kW)}$$

Sumber: Dwiatmoko (2016)

Keterangan:

- Y = Beban maksimum satu jam
- C = Susunan rangkaian (set)
- D = Jarak pengisian gardu traksi (km)
- H = *Headway* (menit)
- N = Jenis track 2 (double track), 1 (single track)
- P = Rasio konsumsi kereta (50 KwH/1000 ton km)
- W = Berat total KRL + Penumpang (kap. 200%)
- α = Rasio pembagian arus, akan dipakai 0,08 (untuk arus DC)
- I_m = Arus maksimum KRL (Ampere)

Perhitungan kapasitas berdasarkan *Headway* dihitung menggunakan rumus:

$$Z1 = Y + Cm \sqrt{Y} \text{ (kW)}$$

Sumber: Dwiatmoko (2016)

Perhitungan kapasitas daya berdasarkan Arus Maksimum

$$Z2 = 1,5Kv \times 2 \text{ Im (I} - \alpha)$$

Sumber: Dwiatmoko (2016)

Perhitungan kapasitas daya yang dibutuhkan

$$Zn = Z1/2,5 \quad \text{Jika } Z1 > Z2 ; \text{ atau}$$

$$Zn = Z2/2,5 \quad \text{Jika } Z2 > Z1$$

Sumber: Dwiatmoko (2016)

Keterangan:

α = Rasio pembagian arus, akan dipakai 0,08 (untuk arus DC)

Z1 = Kapasitas daya berdasarkan *headway* (KW)

Z2 = Kapasitas daya berdasarkan beban arus maksimum (KW)

Cm = Faktor untuk elektrifikasi DC $1.7 \sqrt{Im}$

Im = Arus maksimum KRL (Ampere)

Maka dapat dihitung dengan rumus kebutuhan kapasitas daya gardu traksi berdasarkan *headway* dan arus beban maksimum pada petak Maguwo – Brambanan, sebagai berikut:

Tabel 6. Perbandingan kebutuhan dengan kapasitas gardu traksi maguwo eksisting

No	Nama Gardu	Kebutuhan Suplai Daya Gardu (ZN)				Kondisi Eksisting Gardu		Ket.	
		Beban Maks (Y) kW	Kapasitas daya berdasarkan <i>Headway</i> (kW)	Kapasitas berdasarkan beban arus maks (kW)	Kebutuhan SR (kW)	Kebutuhan Trafo (kVA)	Kapasitas SR (kW)		Kapasitas Trafo (kVA)
		Y	Z1	Z2	nilai $\cos \phi$ =	0,9049774			
Headway 60 menit									
1	Maguwo	650,4048	3251,714382	9936	3974,4	4391,712	4000	4420	Cukup
Headway 30 menit									
2	Maguwo	1300,8096	4979,61689	9936	3974,4	4391,712	4000	4420	Cukup
Headway 15 menit									
3	Maguwo	2601,6192	7804,238363	9936	3974,4	4391,712	4000	4420	Cukup
Headway 10 menit									
4	Maguwo	3902,4288	10274,30994	9936	4109,72	4541,244993	4000	4420	Tidak Cukup

Kondisi Darurat ketika Gardu Traksi Maguwo atau Brambanan OFF

Gardu traksi KRL memiliki sistem paralel, dimana setiap gardu traksi bersebelahan akan saling terhubung. Hubungan antar gardu bersebelahan tersebut dilindungi dengan sistem proteksi Linked Breaking System (LBS). untuk tegangan negative dari rel yang dialirkan ke rectifier gardu traksi sebelumnya dan dalam kondisi tersebut sistem proteksi LBS dalam keadaan normal. Berikut merupakan perhitungan kapasitas gardu ketika gardu traksi Maguwo atau Brambanan terjadi gangguan atau padam:

Tabel 7. Perhitungan kapasitas gardu ketika gardu Maguwo atau Brambanan *Off*

No	Nama Gardu	Kebutuhan Suplay Daya Gardu (ZN)					Kondisi Eksisting Gardu				Ket.
		Beban Maks (Y) kW	Jarak Pengisian Gardu (Km)	Headway (menit)	Kapasitas daya berdasarkan Headway (kW)	Kapasitas berdasarkan beban arus maks (kW)	Kebutuhan SR (kW)	Kebutuhan Trafo (kVA)	Kapasitas SR (kW)	Kapasitas Trafo (kVA)	
		Y	D	H	Z1	Z2	nilai cos phi =	0,9049774			
Headway 15 menit											
1	Maguwo	2834,99712	7,9385	15	8265,955602	9936	3974,4	4391,712	4000	4420	Cukup
2	Brambanan	3669,408	10,275	15	9848,123144	9936	3974,4	4391,712	4000	4420	Cukup
Headway 14 menit											
3	Maguwo	3037,496914	7,9385	14	8659,073019	9936	3974,4	4391,712	4000	4420	Cukup
4	Brambanan	3931,508571	10,275	14	10327,08635	9936	4130,83	4564,57	4000	4420	Tidak Cukup
Headway 12 menit											
5	Maguwo	3543,7464	7,9385	12	9615,742575	9936	3974,4	4391,712	4000	4420	Cukup
6	Brambanan	4586,76	10,275	12	11494,77354	9936	4597,91	5080,69	4000	4420	Tidak Cukup
Headway 11 menit											
7	Maguwo	3865,905164	7,9385	11	10207,89833	9936	4083,159332	4511,891062	4000	4420	Tidak Cukup
8	Brambanan	5003,738182	10,275	11	12218,92301	9936	4887,57	5400,76	4000	4420	Tidak Cukup

Melihat kondisi gardu ketika off pada gardu Maguwo maupun Brambanan yang mana kondisi vandal atau gangguan diatas merupakan kondisi yang tidak dapat diprediksi. Agar tetap dapat dioperasikan KRL maka perlu adanya penanganan mitigasi berupa perencanaan terhadap peningkatan kapasitas gardu traksi, perencanaan peningkatan tersebut dicantumkan pada tabel berikut:

Tabel 8. Perhitungan optimasi gardu traksi berdasarkan *headway* dan rencana penambahan frekuensi KRL

No	Gardu Traksi	Tahun	Frekuensi/hari forecasting	Waktu pengoperasian /hari (jam)	Waktu pengoperasian /hari (menit)	Headway Optimal (menit)	Frekuensi/hari berdasarkan analisis	Rekomendasi	Keterangan
1	Maguwo	2028	61	14	840	12	70	Perlu penambahan daya	Gardu Normal
2	Brambanan	2028	61	14	840	12	70	gardu ditahun 2029	Gardu Normal
3	Maguwo	2029	71	14	840	12	70	Perlu	Kondisi OFF
4	Brambanan	2029	71	14	840	15	56	penambahan daya gardu tahun 2028	Kondisi OFF

REFERENSI

- _____, Undang-undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian.
- _____, Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 50 Tahun 2018 tentang Persyaratan Teknis Instalasi Listrik Perkeretaapian.
- Dwiatmoko, H., et al. (2016). *Pengujian Fasilitas Operasi Kereta Api*. Jakarta.
- Asrar, L. D., dan Adhari, F. (2022). Kapasitas Gardu Traksi Mengurangi *Headway* Operasional KRL Jalur Yogyakarta Lintas Solo– Klaten. *Jurnal Ismetek*, 13(1), 71-10
- Asyiri, M. A. K., Prasetyo, I., dan Mulyana. (2022). Analisis Kebutuhan Daya Gardu Traksi Bekasi Timur Terhadap Rencana Penambahan Perjalanan KRL Lintas Bekasi – Cikarang. *Jurnal Transportasi Darat*, 3(1), 1-9.
- Awaludin, S., (2019). Studi Evaluasi Analisa Perhitungan Kapasitas Daya Gardu Traksi Terhadap Kebutuhan KRL Jalur Depok-Manggarai. *Journal Of Electrical Power*, 4(2), 1-8.
- Erlangga, A. W., Istiantara, D. T., dan Nugroho, I. (2020). Analisis *Load Factor* Perjalanan Krl *Commuter Line* Berdasarkan Titik Jenuh Lintas (Studi Kasus Lintas Bogor–Manggarai). *Jurnal Perkeretaapian Indonesia*, 4(2), 80–86.
- Hananto, C. R. (2021). Optimasi Penempatan Gardu Traksi Listrik Aliran Atas (Laa) Antara Stasiun Ceper – Stasiun Gawok Berdasarkan Penurunan Tegangan Untuk Meningkatkan Keandalan Pasokan Daya Listrik Krl. *Jurnal Teknik Elektro*. 9(1), 1-16.
- Puspitasari, M. D., dan Putra, F. W. (2019). Perhitungan Efektivitas Gardu Traksi Bojong Gede Pada Lintas Manggarai - Bogor. *Jurnal Perkeretapian Indonesia*. 3(2), 111-118
- Surawan, T., Digdoyo, N. K. A., dkk. (2021). Analisa Pengaruh Pola Operasi Terhadap Laju Keausan Carbon Strip pada Pantograf, *Jurnal Teknologi*, 9(1), 52-59.
- Suherman, E., dan Amri, H.U., (2019). Analisis Kapasitas Daya Gardu Traksi Terhadap Kebutuhan KRL Jalur Pasar Minggu-Lenteng Agung. *Jurnal electro*, 9(1), 44-50.
- Sirait, R., dan Siadari, S. P. (2023). Analisa Sistem Keamanan Distribusi Daya Signal Hut Pada Lintas Stasiun Angke dan Stasiun Kampung Bandan, *Jurnal Techno*, 22(1), 109-120.
- Wibowo, R. S., dan Haryatmi, E. (2022). Analisis Kapasitas Daya Pada Gardu Traksi Lintas Bojonggede – Bogor Menggunakan Kereta Rel Listrik Seri EA 203. *Jurnal Perkeretapian Indonesia*, 6(1), 1-13.